



TACLLA

revistas.unf.edu.pe/taclla
doi.org/10.57063/rcitac.v1i1.202



FONDO
EDITORIAL
UNF

ARTÍCULO ORIGINAL



Mejoramiento del proceso de malteado de arroz (*Oryza sativa*)

Optimization of the Sensory Acceptability of Cookies Made with Purple Corn Cob (*Zea mays* L.) Flour and *Pleurotus ostreatus* Flour

Víctor H. Romero-Ibáñez¹ ; Paul A. Sisniegas-Galvez¹ ; Elmer Y. Zamora Sanchez^{1*} 

¹Laboratorio de Ingeniería Agroindustrial, Facultad Ciencias agropecuarias, Universidad Nacional De Trujillo, Avenida Juan Pablo II S/N, San Andrés, Trujillo13001, Perú.

*Autor de correspondencia: Paul A. Sisniegas-Galvez - pasisniegas@unitru.edu.pe

Received: 01 December 2025. Accepted: 15 December 2025. Published: 17 December 2025.

Abstract

This study optimized the rice malt brewing process using a design of experiments (DCCR) and response surface analysis, evaluating steeping time, NaOH concentration, and germination time. A predictive model for Brix degrees was generated with an R^2 of 0.8098, using a temperature-cycled mashing program. The optimal conditions for obtaining Brix degrees were: 60 hours of steeping, 0.08867% w/v NaOH, and 62 hours of germination, resulting in an experimental value of 14.5 degrees Brix and a mean relative error (MRE) of 2.5%. The results indicate that maximum soluble solids extraction is achieved with steeping times between 55 and 60 hours, germination times between 60 and 65 hours, and NaOH concentrations between 0.08 and 0.09% w/v.

Keywords: Rice malt, germination and optimize.

Resumen

Este estudio optimizó el proceso de malteado de arroz mediante un diseño de experimentos (DCCR) y análisis de superficie de respuesta, evaluando el tiempo de remojo, la concentración de NaOH y el tiempo de germinación. Se generó un modelo predictivo para los grados Brix con un R^2 de 0.8098, utilizando un programa de maceración con ciclos de temperatura. Las condiciones óptimas para la obtención de grados Brix fueron: 60 horas de remojo, 0.08867% p/v de NaOH y 62 horas de germinación, resultando en un valor experimental de 14.5 grados Brix y un error relativo medio (EmR) de 2.5%. Los resultados indican que la máxima extracción de sólidos solubles se logra con tiempos de remojo entre 55 y 60 horas, tiempos de germinación entre 60 y 65 horas y concentraciones de NaOH entre 0.08 y 0.09% p/v.

Keywords: Malta de arroz, germinación y optimizar.

Cite this article:

Romero I.; Víctor H; Sisniegas-G., Paul A. y Zamora S.; Elmer Y. (2025). Mejoramiento del proceso de malteado de arroz (*Oryza sativa*). *Revista Científica de Ingeniería de la Universidad Nacional de Frontera: Taclla*, 1(1), 44-54. doi.org/10.57063/rcitac.v1i1.202

1. INTRODUCCIÓN

En mayo de 2024, la producción de arroz en cáscara llegó a 524,056 toneladas, un 7% más que en el mismo mes de 2023. Este aumento se concentró principalmente en La Libertad (40%), Lambayeque (11.1%) y San Martín (4.4%), que en conjunto representaron el 71.7% de la producción nacional (INEI, 2024). Si bien el arroz es un alimento básico en la dieta peruana, su uso se limita principalmente al consumo directo, desaprovechando su potencial como materia prima en otros sectores. Su aplicación en la elaboración de cerveza y bebidas energéticas, por ejemplo, representa una oportunidad de diversificación y valor agregado.

Diversas investigaciones como García Paz et al.(2024), exploran la sustitución de la cebada por otros cereales en la elaboración de cerveza, buscando replicar el sabor y características de las cervezas tradicionales. Este trabajo se centra en desarrollar una malta de arroz especial para su uso en la producción cervecera.

La malta se obtiene germinando y secando semillas de cereal, lo que activa las enzimas hidrolíticas presentes en el grano. Este proceso induce cambios significativos, como el incremento de alfa y beta amilasas y la hidrólisis parcial de reservas (pared celular, gomas, proteínas y almidón) en el endospermo. Sin embargo, la malteación del arroz presenta un desafío: su sacarificación incompleta durante el macerado impide la degradación completa del almidón en azúcares fermentables, requisito esencial para la elaboración de cerveza (Castañeda Ricardo et al., 2021; Edney & Izydorczyk, 2003).

Durante la germinación, el arroz experimenta importantes cambios en su estructura. Este proceso, fundamentalmente, se basa en la acción de las enzimas que rompen los enlaces de almidón. que degradan el almidón. Esto

genera un aumento en la viscosidad, cambios en las propiedades térmicas y una reducción en el tiempo de cocción. Además, se forman poros en los gránulos de almidón y mejora el perfil nutricional del grano. Estos efectos permiten desarrollar nuevos productos alimenticios a partir de arroz germinado, como pan, té o yogur, y representan una estrategia útil para mejorar las propiedades tecnológicas del arroz (do Nascimento et al., 2024)

Mayer et al. (2016), evaluaron diez variedades italianas de arroz con cáscara (*Oryza sativa* L.) para determinar su aptitud en la producción de malta cervecera. Se realizaron tres ensayos de malteado con diferentes tiempos de remojo y germinación (A: 28°C durante 47h; B: 22°C durante 73h; C: 8 días). El análisis estadístico, usando Sigmaplot 11.0, reveló que las variedades de cebada Balilla y Centauro son adecuadas para producir cerveza de malta de arroz sin agregar enzimas de restricción externas. A pesar de su bajo poder *diastásico*, la buena sacarificación se atribuye a la actividad de otras amilasas endógenas, como la *limit dextrinasa* y la α -*glucosidasa*.

Realizó experimentalmente dos clasificaciones de malta de arroz: color caramelo y oscuro. Su calidad se analizó determinando humedad (5.4%), extracto (5.5% y 5.9%) y color. Las maltas se usaron para elaborar cervezas, evaluadas sensorialmente por un panel de 18 catadores (método EBC 13.10) usando *SigmaPlot* 11.0 para el análisis estadístico uso de maltas de arroz especiales mejoró el sabor, color, estabilidad y valor nutricional de la cerveza, gracias a su alto contenido de polifenoles y su capacidad antioxidante (Ceccaroni et al., 2019)

Guevara Milla (2019), implemento un nuevo sistema para producir cerveza a nivel in vitro, optimizando la malta de sorgo. Se estudió el efecto del tiempo de remojo (12-48h) y el porcentaje concentración de NaOH (0.03-0.1%), utilizando un diseño de superficie de respuesta (Statgraphics) con 20 corridas (incluyendo réplicas). Se analizaron la germinación, las disminuciones en el malteado y la concentración del extracto. Los mayores porcentajes de germinación (74.55% y 75%) se obtuvieron con los tiempos de remojo más largos (55 y 48 horas) y concentraciones de NaOH de 0.065% y 0.1%, resultados similares se observaron para la disminución en el malteado y el concentrado del extracto.

Pérez-Ruiz et al.(2015), Se evaluó el malteado de diez variedades de cebada maltera, desde la madurez fisiológica hasta superar el 90% de germinación. Se usó una prueba estándar a 25°C con cuatro repeticiones de 100 semillas por genotipo, midiendo la humedad inicial. Con un diseño completamente aleatorio, se encontraron desigualdades significativas ($P < 0.05$) entre genotipos y tiempos de muestreo en el porcentaje de germinación. La ausencia de latencia se infiere de la germinación desde la madurez fisiológica. Se logró >90% de germinación en 21 días para la mayoría de las variedades, excepto la variedad M-173, Alina y Armida, que necesitaron 28 días.

La germinación continua del arroz requiere altos niveles de humedad; la sequía la inhibe. Además, temperaturas inferiores a 10°C disminuyen la actividad enzimática, crucial para la germinación, reduciendo así su tasa (do Nascimento et al., 2024).

La agroindustria peruana busca innovar para aprovechar mejor diferentes cereales con alto valor nutricional, como el arroz, subutilizado industrialmente. Este trabajo optimiza el mateado del arroz sacarificante, para su uso en cervezas y bebidas energéticas, presentando un nuevo proceso de malteado de arroz con cáscara.

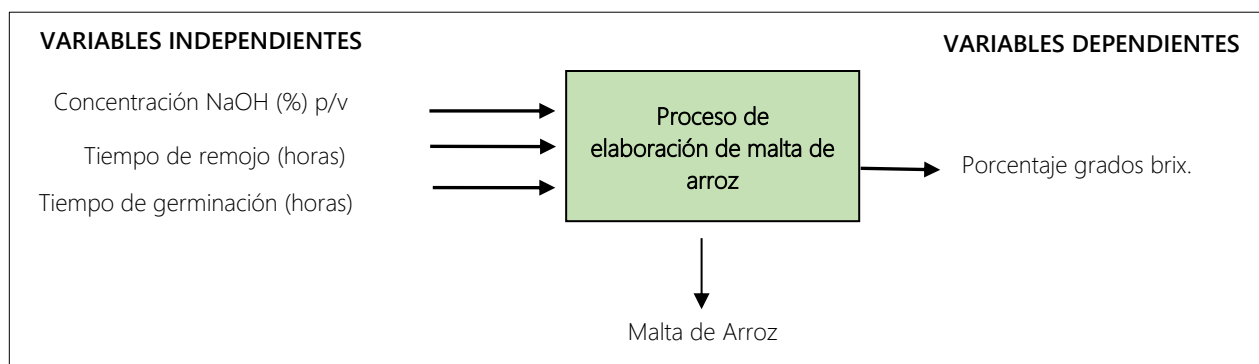
2. MATERIALES Y MÉTODOS

Materia Prima: maíz morado obtenida del mercado central de la provincia de Chepén con las siguientes coordenadas 7°13'41"S 79°25'39"W y hongo *P. ostreatus* obtenido de Lima en seta recién cultivada.

Obtención de las Harinas para la Elaboración de Galletas

Harina de Olot de Maíz: como primera operación se desgranó el maíz manualmente para obtener el eje de la mazorca el cual se cortó en rodajas de 0.5 cm de grosor, se secaron a 45 °C en una estufa convectiva marca ketlab, modelo ODHG – 9030A por un tiempo de 24 horas y, finalmente, se molieron en un molino manual y se cernieron para la obtención de harina.

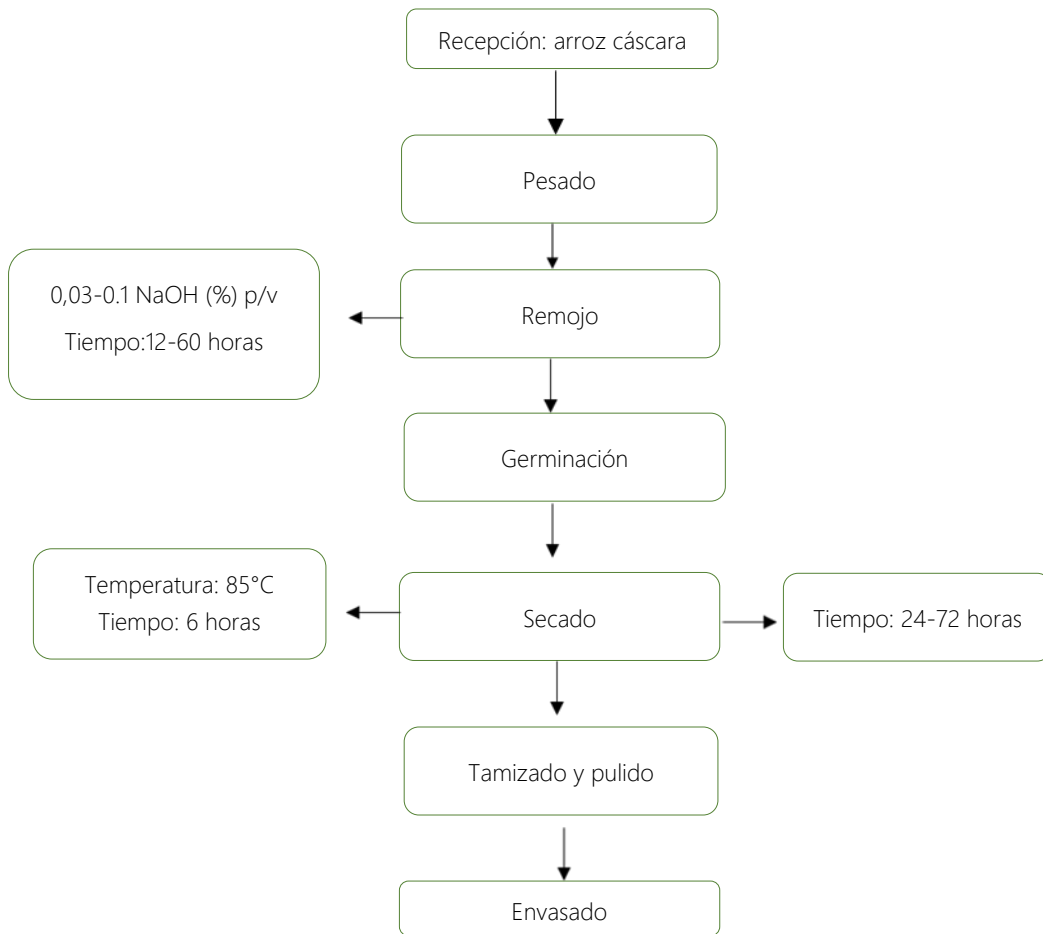
Figura 1
Esquema experiemntal del malteado de arroz



Proceso de elaboración de malta de arroz

Se pesaron aproximadamente 50 g de arroz con cáscara (balanza analítica Digital, precisión 0.001 g) y se remojaron a temperatura ambiente en 3 litros de solución de NaOH (concentración según el diseño experimental DCCR, Tabla 1) en recipientes de plástico. Tras el remojo, cada muestra se colocó en una cámara de germinación (26-27°C, 92-96% de humedad) durante el tiempo establecido por el DCCR (Tabla 1). Una vez cumplido el tiempo de germinación, las muestras se secaron a 85 °C durante 6 horas en una estufa Ketlab, modelo ODHG-9030A. Posteriormente, se retiraron manualmente las raicillas tras un tostado en un perol de arcilla por un tiempo de un minuto. Finalmente, el malteado de arroz se envasó en bolsas selladas al vacío para su conservación y posterior análisis.

Figura 5.
Proceso de elaboración de malteado de arroz



Determinación de sólidos solubles (grados brix)

Se realizaron maceraciones de las maltas de arroz para determinar la sacarificación (grados Brix). Para la obtención del mosto se realizó una relación de 1 kilo de malta de arroz por 5 litros de agua, donde se realizó la extracción del mosto en diferentes tiempos y temperaturas como es a 52 °C por 30 minutos, 62°C por 30 min, 70 °C por 20 mi y por último 78°C por 10 min (J.S. Hough, 1990). Tras la extracción del mosto, se midieron los grados Brix con un refractómetro Link-Japan RHBO 8.0 (0-80% Brix) después de enfriar las muestras.

Diseño estadístico

Se empleó un diseño central compuesto rotacional (DCCR) con tres variables independientes (tiempo de remojo, concentración de NaOH, tiempo de germinación) para optimizar el malteado del arroz. El diseño, generado con Minitab 18, constó de 18 ensayos (Tabla 1). Se analizaron los grados Brix mediante ANOVA (Minitab 18). El rango de las variables independientes fue: tiempo de remojo (12-60 h), solución de NaOH (0.03-0.1% p/v) y tiempo de germinación (24-72 horas).

Tabla 6.

Planteamiento del diseño de optimización para la variable independiente grados brix

Muestras	Tiempo de Remojo (horas)	Concentración de NaOH (%) p/v	Tiempo de Germinación (horas)
1	24	0.0475	36
2	48	0.0475	36
3	24	0.0825	36
4	48	0.0825	36
5	24	0.0475	60
6	48	0.0475	60
7	24	0.0825	60
8	48	0.0825	60
9	12	0.065	48
10	60	0.065	48
11	36	0.03	48
12	36	0.1	48
13	36	0.065	24
14	36	0.065	72
15	36	0.065	48
16	36	0.065	48
17	36	0.065	48
18	36	0.065	48

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se muestra que el tratamiento 11 (36 horas de remojo, 0.03% NaOH, 48 horas de germinación) y 13 (36 horas de remojo, 0.065% NaOH, 24 horas de germinación) presentaron los grados Brix más bajos (4.5 y 3.5, respectivamente; Tabla 3), indicando una actividad enzimática incompleta debido a bajos porcentajes de germinación (52.07% y 25.9%). En contraste, los tratamientos 10 (60 horas de remojo, 0.065% NaOH, 48 horas de germinación) y 12 (36 horas de remojo, 0.1% NaOH, 48 horas de germinación) mostraron los grados Brix más altos (10), con alta germinación (92.09% en el tratamiento 10), sugiriendo una buena pero no óptima actividad enzimática. A diferencia del arroz, que produce principalmente α -amilasa durante el malteado, la cebada, el trigo y el centeno generan cantidades significativas de α y β -amilasas (Egwim & Oloyede, 2010). Por lo tanto, la presencia de ambas enzimas podría mejorar la hidrólisis del almidón en azúcares fermentables.

Tabla 3

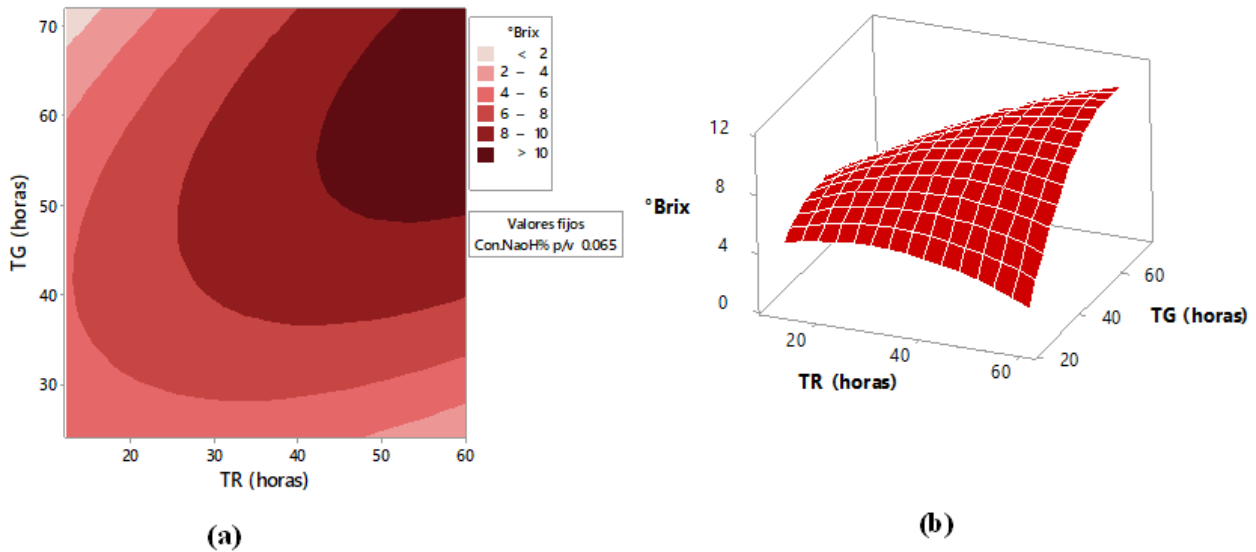
Resultados obtenidos para la variable respuesta grados brix

Tratamientos	Tiempo de remojo (horas)	Solución NaOH (%) p/v	Tiempo de germinación (horas)	Grados brix
1	24	0.0475	36	7.5
2	48	0.0475	36	7
3	24	0.0825	36	7
4	48	0.0825	36	8.5
5	24	0.0475	60	6
6	48	0.0475	60	9
7	24	0.0825	60	5.5
8	48	0.0825	60	9.5
9	12	0.065	48	5.5
10	60	0.065	48	10
11	36	0.03	48	4.5
12	36	0.10	48	10
13	36	0.065	24	3.5
14	36	0.065	72	8.5
15	36	0.065	48	9.5
16	36	0.065	48	9.5
17	36	0.065	48	9
18	36	0.065	48	9

La Figura 3 indica que los grados Brix óptimos (mayores a 10) se alcanzan con tiempos de remojo y germinación entre 50 y 60 horas, utilizando una concentración de NaOH de 0.065% p/v. Con tiempos de germinación menores a 50 horas, el tiempo de remojo afecta los grados Brix (8-10), aunque de manera menos significativa. El mismo efecto se observa si se mantiene constante el tiempo de remojo por debajo de 50 horas. La mayor concentración de azúcar se debe a una eficiente hidrólisis del almidón a tiempos prolongados de remojo y germinación. Este resultado coincide con los hallazgos de Dewar et al. (1997), quienes reportaron un aumento en el poder diastásico de la malta con tiempos de germinación más largos, lo que favorece la sacarificación durante el macerado.

Figura 6

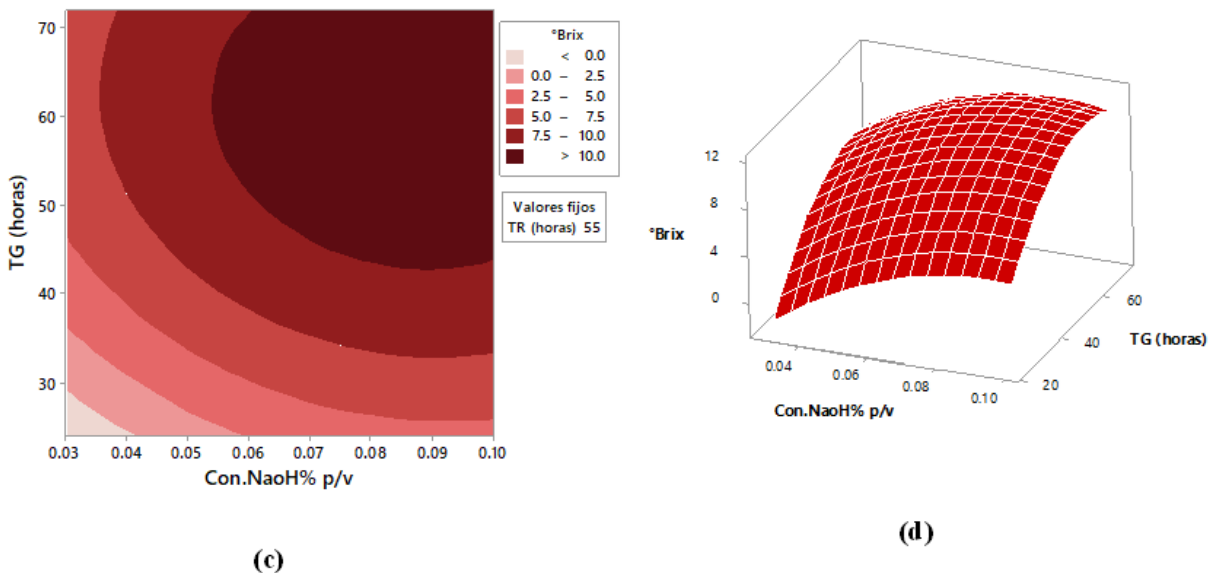
Gráfica de contorno (a) y tridimensional (b) para grados brix a partir del tiempo de germinación (TG) y tiempo de remojo (TR).



Muestra la superficie de respuesta para los grados Brix (figura 4). Los valores óptimos (mayores a 10) se obtienen con tiempos de germinación entre 50 y 60 horas y concentraciones de NaOH entre 0.07 y 0.09% p/v, manteniendo un tiempo de remojo constante de 55 horas. Con concentraciones de NaOH inferiores a 0.07% p/v, el periodo de germinación juega un papel importante en los grados Brix (7.5-10). Esto indica que una mayor exposición según la duración del remojo y la cantidad de NaOH durante la germinación incrementa el poder diastásico de los granos, facilitando la degradación del almidón a azúcares fermentables durante el macerado (Lyumugabe et al., 2012).

Figura 4

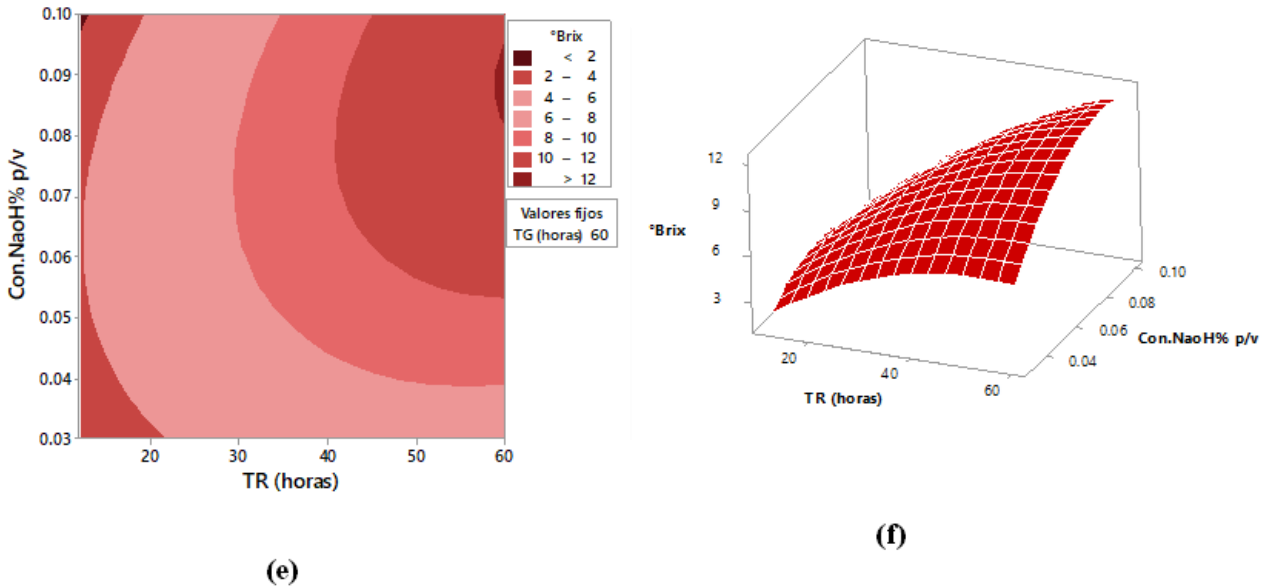
Gráfica de contorno (c) y tridimensional (d) para grados brix a partir al tiempo de germinación (TG) y Con. NaOH (%)



Se observa en la figura 5 que los valores óptimos (superiores a 12) se obtienen con concentraciones de NaOH entre 0.08% y 0.09% p/v, y tiempos de remojo entre 58 y 60 horas, manteniendo un tiempo de germinación fijo de 60 horas. Con concentraciones de NaOH inferiores a 0.08% p/v, el tiempo de remojo tiene un efecto menor, resultando en grados Brix entre 10 y 12 (valores aún aceptables). Estos resultados indican que tiempos de remojo más prolongados (50-60 horas) incrementan la humedad del grano, mejorando la germinación y la actividad enzimática (Guevara Milla, 2019).

Figura 7

Grafica de contorno (e) y tridimensional (f) para grados brix a partir a la Con.NaOH (%) y tiempo de remojo (TR).



El análisis de varianza (ANOVA) para los grados Brix (Tabla 4) muestra, con un nivel de confianza del 95% ($p < 0.05$), que el modelo de regresión es significativo. Esto indica que el modelo es capaz de predecir adecuadamente la variable respuesta.

Tabla 7

ANOVA para la variable respuesta grados brix.

Fuente de variación	GI	SQ	MQ	F	P
Regresión:	9	55.15	6.12	3.78	0.037
Residual:	8	12.95	1.61		
Total	17				

El análisis de regresión (Tabla 5) muestra que el modelo para predecir los grados Brix es significativo ($p < 0.05$), con valores de R^2 y R^2 ajustado de 0.8098 y 0.5958, respectivamente. De las tres variables independientes, solo el término cuadrático del tiempo de germinación (TG) resultó significativo ($p < 0.05$). Las interacciones entre el tiempo de germinación y las otras variables (periodo de remojo y solución de NaOH) no fueron significativas ($p > 0.05$), indicando que el tiempo de germinación influye de manera independiente en los grados Brix.

Tabla 8

Coefficientes de regresión para la variable respuesta grados brix.

Variables	Grados brix	
	Coef.	Valor p.
Constante	-11.4	0.392
Tiempo de remojo (horas)	-0.088	0.731
Solución de NaOH (%) p/v	221	0.239
Tiempo de germinación (horas)	0.448	0.119
Tiempo de remojo al cuadrado (horas)	-0.00263	0.201
Concentración de NaOH al cuadro (%) p/v	-1646	0.101
Tiempo de germinación al cuadrado	-0.00567	0.017
Tiempo de remojo (horas)*solución NaOH% p/v	1.79	0.429
Tiempo de remojo (horas)*Tiempo de germinación (horas)	0.00521	0.134

Solución de NaOH% p/v*Tiempo de germinación (horas)	-0.6	0.788
R2	0.80	
R ajustado	0.59	

La optimización de los grados Brix (Tabla 6), realizada mediante el análisis de superficies de respuesta del DCCR (Minitab 18, Tabla 9), indica que las condiciones óptimas se alcanzan con un periodo de remojo (TR) de 60 horas, una solución de NaOH de 0.08867% p/v y un tiempo de germinación (TG) de 62 horas, prediciendo 12.12 grados Brix. La validación experimental bajo estas condiciones mostró un error relativo medio (EmR) de 2.4%, confirmando la fiabilidad del modelo predictivo y obteniendo 14.5 grados Brix. Estos resultados demuestran que valores altos de las variables independientes conducen a una mayor concentración de grados Brix en el macerado.

Tabla 6

Validación del modelo de optimización para la variable grados brix.

Condición	TR (horas)	Con.NaOH% p/v	TG (horas)	°Brix Ajuste	°Brix experimental	EmR(%)
Soló °Brix	60	0.08867	62	12.12	14.5	2,24

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron ajuste óptimo de los parámetros para la producción de malteado de arroz: 55-60 horas de remojo, 60-65 horas de germinación y una solución de NaOH de 0.08-0.09% p/v, maximizando los grados Brix. Se generaron modelos de regresión para predecir los grados Brix ($R^2=0.8098$, R^2 ajustado=0.5958). Las condiciones óptimas (60 horas de remojo, 0.08867% p/v de NaOH, 62 horas de germinación) resultaron en 14.5 grados Brix, con un error relativo medio (EmR) de 2.4%, validando la confiabilidad del modelo predictivo.

5. CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que la investigación se ha llevado a cabo en ausencia de relaciones comerciales o financieras que pudieran interpretarse como un posible conflicto de intereses.

6. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Víctor Hugo Romero Ibáñez **JB**
 Paul Alexis Sisniegas Gálvez **ACB**
 Elmer Yampier Zamora Sanchez **ACB**

7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Castañeda Ricardo, José, A.-C. M., Argüello Yolanda, & Vernaza María Gabriela. (2021). *Efecto de la adición de quinua (Chenopodium quinoa wild) malteada y sin maltear en la elaboración de cerveza tipo Ale a base de cebada (Hordeum vulgare) malteada (Effect.* 15–26. <https://hacercervezaartesanal.com/tipos-de-cervezas/cerveza-ale/>

Ceccaroni, D., Sileoni, V., Marconi, O., De Francesco, G., Lee, E. G., & Perretti, G. (2019). Specialty rice malt optimization and improvement of rice malt beer aspect and aroma. *Lwt*, 99(June 2018), 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.060>

Dewar, J., Taylor, J., & Berjak, P. (1997). Determination of improved steeping conditions for sorghum malting. *Journal of Cereal Science*. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1996.0101>

do Nascimento, L. Á., Heberle, T., Wang, Y. J., Vanier, N. L., Elias, M. C., Mesko, M. F., & Colussi, R. (2024). Rice grain germination: A review of its impact on technological properties and development of new food products. *Trends in Food Science and Technology*, 150(June). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104600>

Edney, M. J., & Izydorczyk, M. S. (2003). MALT | Malt Types and Products. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 3671–3677. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/00730-6>

Egwim, E., & Oloyede, O. (2010). Comparison of α -amylase activity in some sprouting Nigerian cereals. *Biokemistri*, 18(1), 15–20. <https://doi.org/10.4314/biokem.v18i1.56386>

García Paz, G. M., Rojas, C. A. L., Ulbio Eduardo Alcívar Cedeño, Carlos Alfredo Cedeño Palacios, Gabriel Alfonso Burgos Briones,

& Diego Roberto Munizaga Párraga. (2024). *Aplicación de base cereal local (zea mays l. Y oryza sativa) en producción de cerveza artesanal.*

Guevara Milla, R. E. (2019). Desarrollo de una cerveza artesanal American Pale Ale utilizando como malta base sorgo (*Sorghum bicolor*) con cebada (*Hordeum vulgare*) y endulzada con miel de abeja. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras*. <https://bdigital.zamorano.edu:80/jspui/handle/11036/6566>

INEI. (2024). *Panorama Económico Departamental*. <https://m.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/panorama-economico-departamental/1/#lista>

J.S. Hough. (1990). Biotecnología de la cerveza y de la malta. *Editorial ACRIBIA, S.A.*, 1(Bebidas alcohólicas y no alcohólicas, Ciencia y tecnología de los alimentos), 208.

Lyumugabe, F., Gros, J., Nzungize, J., Bajyana, E., & Thonart, P. (2012). Characteristics of African traditional beers brewed with sorghum malt: A review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 16(4), 509–530.

Mayer, H., Ceccaroni, D., Marconi, O., Sileoni, V., Perretti, G., & Fantozzi, P. (2016). Development of an all rice malt beer: A gluten free alternative. *Lwt*, 67, 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.037>

Pérez-Ruiz, J. A., Mejía-Contreras, J. A., Hernández-Livera, A., & Zamora-Díaz, M. (2015). Ausencia de latencia en semilla de genotipos mexicanos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) para malta. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(3), 249–255.